

18 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

AB
12 Offenlegungsschrift
10 DE 44 38 235 A 1

61 Int. Cl. 8: 402F
G 06 K 9/62 ZIE
G 01 V 8/00

21 Aktenzeichen: P 44 38 235.9
22 Anmeldetag: 26. 10. 94
23 Offenlegungstag: 2. 5. 96

Best Copy
Available

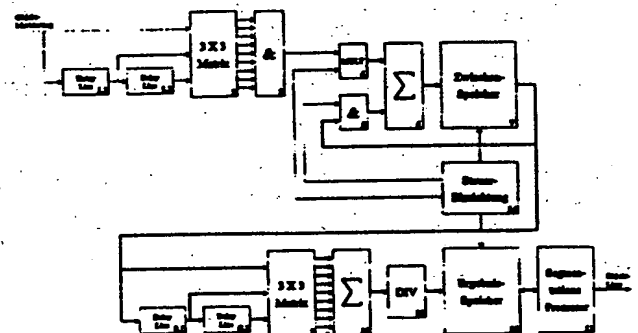
DE 4438235 A1

71 Anmelder:
Daimler-Benz Aerospace Aktiengesellschaft, 80804
München, DE

72 Erfinder:
Kieslich, Wolfgang, Ing.(grad.), 22880 Wedel, DE;
Nahapetian, Vahe, Dipl.-Ing., 22880 Wedel, DE;
Niederhofer, Karl-Heinz, Dr.-Ing., 85635
Höhenkirchen-Siegertsbrunn, DE

64 Verfahren zur automatischen Detektion von kleinen beweglichen Objekten in natürlicher Umgebung, vorzugsweise einer Echtzeitbildfolge

67 Verfahren und Schaltungsanordnung zur automatischen Detektion von kleinen beweglichen Objekten in natürlicher Umgebung einer Echtzeitbildfolge unter Verwendung eines die Umgebung abtastenden elektrooptischen Sensors mit nachgeordneter Auswerteeinheit und gegebenenfalls vorgesehener Bilddarstellungseinrichtung. Durch eine Reihe von Verfahrensschritten bzw. schaltungstechnischen Maßnahmen werden möglichst viele Informationen aus den digitalen Bildern verarbeitet, so daß eine optimale Detektion von Objekten, die gegebenenfalls von verschiedenen Sensoren erzeugt werden, mit einer geeigneten Echtzeit-Hardware ermöglicht wird.



DE 4438235 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 und eine Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens.

Ein derartiges Verfahren ist in der DE 41 20 676 C2 beschrieben, welches zur Detektion von kleinen kompakten Objekten in natürlicher Umgebung bei nahezu vollständiger Unterdrückung von irrelevanten Hintergrundinformationen des Bildes unter Verwendung eines die Umgebung abtastenden elektrooptischen Sensors mit nachgeordneter Auswerteeinheit und gegebenenfalls vorhandener Bildarstellungseinrichtung vorgesehen ist.

Dieses Verfahren, bei dem zur Gewinnung von Informationen über die Objekte in einem mehrstufigen Prozeß zwei Annahmen, wonach künstliche Objekte kompakt und teilweise symmetrisch sind, gemacht werden und bei dem das von einem elektrooptischen Sensor gelieferte digitale Bild zuerst durch ein zweidimensionales FIR-Filter geschickt wird, um weißes Rauschen zu reduzieren, wird dabei in folgende Schritte gegliedert:

a) Das so gefilterte Bild wird weiter verarbeitet und von mindestens drei jeweils mehrere Pixel enthaltenden Matrizen abgetastet, wobei jeder Matrix eine Referenzmenge außerhalb des zugehörigen Matrixmittelpunktes vorgegeben wird und wobei die Referenzmengen jeder Matrix sich voneinander unterscheiden.

b) Von jeder Referenzmenge werden das Maximum und Minimum der Helligkeitswerte ermittelt. Die Referenzmengen können vorzugsweise jeweils in den Ecken des 7×7 Bereiches (Matrix) angesiedelt sein, wobei die spezielle Auswahl der verschiedenen Referenzmengen aus Fig. 1 (schraffierte Dreiecke) der DE 41 20 676 C2 zu entnehmen ist. Dieser Verarbeitungsschritt berücksichtigt die Symmetrierfordernisse zur Detektion kleiner, kompakter Objekte. Für zweidimensionale Objekte sind mindestens drei Referenzmengen und daher mindestens drei parallele Filterzweige erforderlich.

c) Im nächsten Schritt werden in jedem Filterzweig die Ergebnisse der Maxima- und Minimberechnungen mit dem aktuellen Bildpunkt(pixel) im Zentrum der Matrix verglichen und es erfolgt eine Markierung des dem jeweiligen Matrixmittelpunkt entsprechenden Pixels als signifikant und ihr Eintrag in das Zwischenergebnisbild des Filterzweiges.

Hierbei wird das dem jeweiligen Matrixmittelpunkt entsprechende Pixel dann markiert, wenn erstens dieses Pixel um einen ersten Schwellwert heller als das Maximum der Helligkeitswerte der zugehörigen Referenzmenge ist und zweitens wenn die Streuung der zugehörigen Referenzmenge kleiner als ein weiterer fester Schwellwert ist, wobei als Maß für die Streuung der Helligkeitswerte hier die Differenz von Maximum und Minimum verwendet wird.

Es werden somit die Kriterien

$$P - M > T(K1) \text{ und } M - m < L(K2)$$

erfüllt.

Dabei bedeuten:

P: Intensität des dem Matrixmittelpunkt entsprechenden Pixels

M: Maximum der Intensitäten der Referenzmenge

m: Minimum der Intensitäten der Referenzmenge

T: dynamischer Schwellwert

L: fester Schwellwert.

Der Sinn dieses Verarbeitungsschrittes besteht darin, den zentralen Bildpunkt zu markieren, wenn sowohl der Bildpunkt genügend heller als seine Umgebung ist (dynamische Schwelle T) und seine Umgebung nicht zu stark strukturiert ist (fester Schwellwert L für Differenz $M - m$ als Maß für die Streuung).

d) Die markierten Pixel in den Zwischenergebnisbildern werden dilatiert, d. h. auf 3×3 Pixel vergrößert. Hierzu werden die benachbarten Pixel jedes markierten Pixels des digitalen Bildes markiert, so daß alle markierten Pixel eine dilatierte Menge bilden, und es werden die aus einer Referenzmenge gewonnenen dilatierten Mengenelemente mit den anderen jeweils aus einer Referenzmenge hervorgegangenen dilatierten Mengenelementen UND-verknüpft. Die UND-Verknüpfung sämtlicher Ergebnisbilder liefert das Endergebnis. Da jedoch aus Gründen unvollkommener Symmetrie nicht alle Filterzweige dasselbe Pixel markieren, ist die Erzeugung der dilatierten Mengenelemente vor der UND-Verknüpfung erforderlich.

Mit einem die obigen Verfahrensschritte a) bis d) aufweisenden Detektionsverfahren können irrelevante Hintergrundinformationen nahezu unterdrückt werden, womit auch eine Reduktion der Falschalarme erzielt wird. Eine Methode, die durch zufällige Fehler im Detektionsprozeß entstehenden Falschalarme zu reduzieren, ist die Verfolgung von detektierten Objekten über eine bestimmte Zeitspanne. Objekte, die keine Spuren bilden, werden nicht weiter berücksichtigt.

Hierbei können die Objekte jedoch nur dann verfolgt werden, wenn man über normale Bildfolgen verfügt, wie sie z. B. in einer normalen Videokamera entstehen. Nachteiligerweise gibt es jedoch Situationen, in denen keine Bildfolgen zur Verfügung stehen oder bei denen die Systemspezifikationen so hart sind, daß trotz Spurenbildung die Falschalarmrate hoch bleibt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, durch welches möglichst viele Informationen aus den digitalen Bildern verarbeitet werden, so daß eine optimale Detektion von Objekten, die gegebenenfalls von verschiedenen Sensoren erzeugt werden, mit einer geeigneten Echtzeit-Hardware ermöglicht wird.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im Kennzeichen des Anspruchs 1 angegebenen Verfahrensschritte gelöst.

Eine Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist im Unteranspruch 2 beschrieben.

Eine Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens ist im Anspruch 3 beansprucht.

Für das eingangs genannte Verfahren sind erfindungsgemäß die folgenden weiteren Verfahrensschritte vorgesehen, von denen die ersten beiden Verfahrensschritte e) und f) bereits bei einem Detektionsverfahren Anwendung finden, welches in der nicht vorveröffentlichten DE-Patentanmeldung P 43 36 751.8 beschrieben ist:

e) In mindestens einer ersten von n, eine Reduktionspyramide bildenden Reduktionsstufen wird das von dem Sensor gelieferte digitale Bild um den Faktor 2^n zur Erzeugung von digitalen Teilbildern

verkleinert, deren Anzahl in x- und y-Richtung des digitalen Bildes jeweils dem Verkleinerungsfaktor 2^n der zugehörigen Reduktionsstufe n entspricht.

Das verkleinerte Bild wird jeweils als Eingabe für einen Punktoobjektdetektor verwendet. Es ist offensichtlich, daß auch größere Objekte bei einer bestimmten Reduktionsstufe als Punktoobjekte erscheinen und dann als bedeutend markiert werden. Durch diesen Mechanismus können Objekte mit unterschiedlicher Größe mit der gleichen Methode detektiert werden.

f) Für jedes erzeugte digitale Teilbild einer zugehörigen Reduktionsstufe werden nacheinander die eingangs genannten Verfahrensschritte a bis e durchgeführt, wobei die "und-verknüpften" dilatierten Mengenelemente jedes digitalen Teilbildes jeweils eine ein detektiertes Objekt darstellende Ergebnismenge (ein Teilergebnis) in einer zugehörigen Reduktionsstufe der Reduktionspyramide bilden. Hierbei werden die redundanten Ergebnismengen (Teilergebnisse) von unterschiedlichen Reduktionsstufen, die jeweils dasselbe Objekt in verschiedenen ähnlichen Teilbildern markieren, als "horizontale Redundanzen" sowie redundante Ergebnismengen (Teilergebnisse) der unterschiedlichen Reduktionsstufen, die jeweils dasselbe Objekt markieren, wenn dieses eine vorgegebene Intensitätsverteilung in Größe und Form aufweist, als "vertikale Redundanzen" bezeichnet.

Zum Beispiel erzeugt die Verkleinerung um den Faktor 2 in beiden Richtungen vier ähnliche aber nicht identische Bilder, abhängig vom Versatz des Ursprungs, der beispielsweise die Koordinaten (0,0), (0,1), (1,0), (1,1) annehmen kann. Eine einzelne Reduktionspyramide mit 4 Stufen wird auf diese Weise $1 + 4 + 16 + 64 = 85$ redundante Bilder erzeugen. Das bedeutet, daß unter bestimmten Umständen ein Objekt bis zu 85mal markiert wird. Diese Tatsache reduziert die Wahrscheinlichkeit sehr deutlich, daß ein gültiges Objekt wegen des nichtlinearen Charakters des Punktoobjektdetektors nicht detektiert werden könnte.

g) Ein aus den gemäß Verfahrensschritt d markierten Pixeln der Und-verknüpften Mengenelemente gewonnenes zweidimensionales Bild wird mittels einer 3×3 -Matrix derart verkleinert (erodiert), daß alle markierten Pixel mit mindestens einem unmarkierten Nachbarn gelöscht werden und alle markierten Pixel mit (vorzugsweise) acht nächsten Nachbarn erhalten bleiben (erodierte Markierungen der Teilergebnisse). Hierdurch werden die Auswirkungen von Dilatationen aus vorhergehenden Stufen beseitigt.

h) Aus den markierten Pixeln mit (vorzugsweise) acht Nachbarn (erodierte Markierungen der Teilergebnisse) wird ein Teilergebnisbild hergestellt, in dem

- die Pixel für das Originalbild die Werte 1 oder 0 derart aufweisen, daß die die Werte 1 aufweisenden Pixel zu einem signifikanten Objekt gehören und daß die Pixel mit den Werten 0 nicht zu einem signifikanten Objekt gehören, und in dem
- die durch die Pixel mit den Werten 1 markierten Flächen kompakte Regionen von annähernder Größe der Objekte im Originalbild darstellen.

i) Aus den gemäß Verfahrensschritt f markierten

Pixeln der "und-verknüpften" dilatierten Mengenelemente jedes digitalen Teilbildes einer zugehörigen Reduktionsstufe (welches jeweils eine ein detektiertes Objekt darstellende Ergebnismenge (Teilergebnis) in einer zugehörigen Reduktionsstufe der Reduktionspyramide bildet) wird jeweils ein zweidimensionales Binärbild gewonnen, welches mittels einer 3×3 -Matrix derart verkleinert (erodiert) wird, daß alle markierten Pixel mit mindestens einem unmarkierten Nachbarn gelöscht werden und alle markierten Pixel mit (vorzugsweise) acht nächsten Nachbarn erhalten bleiben (erodierte Markierungen der digitalen Teilbilder).

j) Aus den markierten Pixeln mit (vorzugsweise) acht Nachbarn jedes Teilbildes (erodierte Markierungen eines digitalen Teilbildes) wird jeweils ein zweidimensionales Teilergebnisbild hergestellt, in dem jeweils den Werten der markierten Pixeln ein Wert a hinzuaddiert wird, der sich nach der folgenden Formel errechnet:

$$a = (2)^{(n-1)},$$

wobei "a" den zu addierenden Wert und "n" einen zahlenmäßig der zugehörigen Reduktionsstufe der Reduktionspyramide entsprechenden Verkleinerungsfaktor bezeichnen.

Es wird sichergestellt, daß größeren Objekten mehr Wichtigkeit zugemessen wird als kleineren. Dieser Prozeß wird für alle redundanten Ergebnisse fortgesetzt. In der ersten Reduktionsstufe haben die Pixel im Ergebnisbild maximal den Wert 3, wenn das Objekt im Originalbild und im verkleinerten Bild markiert wurde, und den Wert 0, wenn es überhaupt nicht markiert wurde.

Die Schritte von Verkleinerung, Markierung und Aufsummation der Resultate kann beliebig oft wiederholt werden. Beispielsweise enthält bei drei Verkleinerungsstufen das Ergebnisbild kompakte Inseln mit einem maximalen Pixelwert von 15 (entsprechend $1 + 2 + 4 + 8$), wenn ein Objekt in allen Stufen markiert wurde, und einen Minimalwert von 0, wenn keine Markierungen existieren. Die Eintragung der Markierungen aus den verkleinerten Bildern erfolgt deckungsgleich zu der Unterabtastung gemäß Verfahrensschritt e). Die Teilbilder werden so wieder zu einem flächendeckenden Gesamtbild verwoben.

k) Die erodierten Markierungen der Teilergebnisse gemäß Verfahrensschritt g, die Teilergebnisbilder gemäß Verfahrensschritt h, die erodierten Markierungen der digitalen Teilbilder gemäß Verfahrensschritt i sowie die zweidimensionalen Teilergebnisbilder gemäß Verfahrensschritt j werden zu einem zweidimensionalen Gesamtergebnisbild fusioniert, in dem

- die Pixel für das Originalbild die Werte ≥ 1 oder 0 derart aufweisen, daß die die Werte ≥ 1 aufweisenden Pixel zu einem signifikanten Objekt gehören und daß die Pixel mit den Werten 0 nicht zu einem signifikanten Objekt gehören, und in dem
- die durch die Pixel mit den Werten ≥ 1 markierten Flächen kompakte Regionen von annähernder Größe der Objekte im Originalbild darstellen.

l) Das zweidimensionale Gesamtergebnisbild wird einem 3×3 -Mittelwertfilter (9) zur Erzeugung eines Mittelwertes aus der Markierung seines Zen-

tralpixels und den Markierungen seiner (vorzugsweise) acht Nachbarn zugeführt.

Es werden somit Objekte zusammengefügt, die möglicherweise im Erosionsprozeß und in den vorangegangenen Bearbeitungsstufen getrennt wurden. Dieses reduziert die Wahrscheinlichkeit, daß das gleiche Objekt mehrfach gemeldet wird.

m) Der Mittelwert des zweidimensionalen Gesamtergebnisbildes wird als Ergebnisbild in einem Ergebnisspeicher (12) abgelegt, und
n) das den gefilterten Mittelwert des zweidimensionalen Gesamtergebnisbildes darstellende Ergebnisbild wird zur Errechnung der Objekteigenschaften wie Position, Größe, Formfaktor oder Wichtigkeit der Objekte einem Segmentationsprozeß unterworfen.

Errechnet werden beispielsweise die Schwerpunktkoordinaten des Objektes, die "Wichtigkeit" als Summe aller Pixelwerte in einer Objektsinsel, der Umfang, die Fläche und der resultierende Formfaktor des Objektes. Die "Wichtigkeit" des Objektes spiegelt den Grad an Kompaktheit und einer teilweisen Symmetrie wieder, der bzw. die im Fusionsprozessor ermittelt wurden. Simulationsergebnisse zeigen, daß die interessanten Objekte im Originalbild auch diejenigen mit dem höchsten Wichtigkeitswert sind. Das bestätigt die der Algorithmenentwicklung zugrundeliegenden Annahmen. Durch Anlegen von unterschiedlichen Schwellen an die "Wichtigkeit" der Objekte kommt man zu einer Teilklassifikation von Objekten in einem Bild.

In einem Sensorbild auftretende verschiedene Objekte werden zu ihrer Klassifikation nach ihrer Position, Größe, Form oder Wichtigkeit oder nach einer Kombination der ermittelten Objekteigenschaften in eine Liste nach fallender Wertigkeit eingetragen. Beispielsweise können Ober- und Untergrenzen der Wertigkeit festgelegt und damit bestimmte Klassen von Objekten ausgewählt werden. Die Auswahl kann sich auch auf die Größe, Form oder Wichtigkeit der Objekte stützen, oder auf eine Kombination der ermittelten Objekteigenschaften.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung in Form eines Blockschaltbildes dargestellt, und zwar zeigt die einzige Figur eine Schaltungsanordnung zur Weiterverarbeitung eines seriellen kontinuierlichen Bilddatenstromes, der zeilenweise aus dem zweidimensionalen Binärbild für die nach den eingangs beschriebenen Verfahrensmerkmalen d) und f) gewonnenen Objektmarkierungen gebildet wird und somit die Objektmarkierungen repräsentiert.

Der binäre Datenstrom für die Objektmarkierungen wird den Eingängen einer 3×3 -Bildpunktmatrix 2 unverzögert sowie mit Hilfe von zwei Verzögerungsleitungen 1.1 und 1.2, die jeweils die Länge der Zeile eines digitalen Bildes aufweisen, über eine bzw. über beide (in Serie geschaltete) Verzögerungsleitungen 1.1 bzw. 1.2 verzögert zugeführt. Die 3×3 -Matrix 2 liefert aus den drei benachbarten Zeilen für jedes markierte Pixel die zugehörigen Nachbarpixel. Wenn das Zentralpixel und seine acht Nachbarpixel markiert sind, erzeugt das der 3×3 -Matrix 2 nachgeordnete Und-Verknüpfungsglied 3 für dieses Zentralpixel erneut eine Markierung. Damit steht am Ausgang des Und-Gliedes 3 ein binärer Datenstrom zur Verfügung, der die erodierten Markierungen des Eingangsbildes enthält.

Mit Hilfe eines dem Und-Glied 3 nachgeschalteten

Multiplizierglied 4 werden die im Erosionsprozeß erzeugten Markierungen mit dem Verkleinerungsfaktor $2^{(n-1)}$ multipliziert. Am Ausgang des Multipliziergliedes 4 steht ein Bilddatenstrom an, der die der Wertigkeit des aktuellen Verkleinerungsfaktors entsprechenden Markierungen enthält. Zu diesen Markierungen werden mit Hilfe eines Addiergliedes 6 die zugehörigen Werte des vorangegangenen Durchlaufs, die in einem Zwischenspeicher 7 abgespeichert sind, hinzugefügt. Das Ergebnis der Summe wird ebenfalls im Zwischenspeicher 7 abgelegt. Den aktuellen Verkleinerungsfaktor für das Multiplizierglied 4, die diesem Faktor entsprechende Adressierung des Zwischenspeichers 7 sowie den Befehl zur Maskierung der Zwischenspeicherergebnisse für ein dem Addierglied 6 vorgeschaltetes UND-Verknüpfungsglied 5 liefert eine Steuereinrichtung 14. Hierbei muß das Ergebnis des Zwischenspeichers 7 beim ersten Durchlauf des Verkleinerungsprozesses ignoriert werden, was mittels des UND-Verknüpfungsgliedes 5 durchgeführt wird.

Wenn der Verkleinerungsprozeß abgeschlossen ist, d. h. wenn alle Verkleinerungsstufen abgearbeitet sind, dann wird das im Zwischenspeicher 7 vorliegende Bild einer Filterung unterzogen. Hierzu wird der Zwischenspeicher 7 mittels geeigneter Adressierung durch die Steuereinrichtung 14 zeilenweise ausgelesen, so daß ein kontinuierlicher Bilddatenstrom entsteht. Dieser Datenstrom wird einer 3×3 -Bildpunktmatrix 9 unverzögert sowie mit Hilfe von zwei weiteren Verzögerungsleitungen 8.1 und 8.2 um jeweils eine bzw. zwei Bildzeilen verzögert zur Verfügung gestellt. Die 3×3 -Bildpunktmatrix 9 liefert aus den drei benachbarten Zeilen die Werte für jedes Pixel mit den jeweiligen Nachbarpixeln.

In einem der 3×3 -Bildpunktmatrix nachgeordneten Addierglied 10 wird die Summe der neun gleichzeitig an seinen Eingängen anliegenden Werte generiert und anschließend in einem Dividierglied 11 durch den Faktor 9 geteilt. Somit liegt am Ausgang des Dividiergliedes 11 für jedes Pixel des Originalbildes der Mittelwert aus der Markierung des Zentralpixels und den Markierungen seiner acht Nachbarpixel an. Der hieraus resultierende Datenstrom wird als Ergebnisbild in einem Ergebnisspeicher 12 abgelegt, dessen Adressierung von der Steuereinrichtung 14 vorgenommen wird.

Dem Ergebnisspeicher 12 ist ein Segmentationsprozessor 13 nachgeordnet, der vorzugsweise durch ein Signal- bzw. Mikroprozessor-System gebildet wird. Der Prozessor 13 kann als Ergebnis des Systems eine nach fallender Wichtigkeit sortierte Objektliste bereitstellen.

Anwendungsgebiete der Erfindung sind beispielsweise die automatische Detektion von unterschiedlich großen Objekten, allgemeine Überwachungsaufgaben, bei denen das dauernde Monitoring von Ereignissen, Dingen oder Einrichtungen erforderlich ist, oder das Sortieren unterschiedlicher Produktionsgüter nach Größe, Form und wenn nötig Farbe mittels einer Farbkamera und einer Modifikation der oben erläuterten Verfahrensschritte.

60 Bezugszeichenliste

- 1.1/1.2 Verzögerungsleitungen mit der Länge einer Zeile
- 8.1/8.2 des Originalbildes
- 2 3×3 -Bildpunktmatrix, die aus drei benachbarten Zeilen des zweidimensionalen Binärbildes das Zentralpixel mit seinen acht Nachbarpixeln liefert
- 3 Und-Verknüpfungsglied für den Erosionsprozeß

- 4 Multiplizierglied, das die binären Markierungen aus dem Erosionsprozeß mit dem aktuellen Verkleinerungsfaktor $2^{(n-1)}$ multipliziert
- 5 UND-Verknüpfungsglied, welches die Daten des Zwischenspeichers 7 beim ersten Durchlauf der Aufsummierung maskiert
- 6 Addierglied summiert die aktuellen Markierungen aus dem Erosionsprozeß mit den zugehörigen Markierungen des vorangegangenen Durchlaufes (Akkumulation)
- 7 Zwischenspeicher für die Ergebnisse der Aufsummierungen für den nächsten Durchlauf
- 10 9 3×3 -Bildpunktmatrix liefert aus drei benachbarten Zeilen des zweidimensionalen Summationsbildes das Zentralpixel mit seinen acht Nachbarpixeln
- 15 10 Addierglied, welches zu der Markierungssumme des Zentralpixels die Markierungssummen der acht Nachbarpixel addiert
- 11 Dividierglied, das die Summe der neun Markierungssummen durch neun dividiert
- 20 12 Ergebnisspeicher speichert das gefilterte Ergebnisbild für die weitere Bearbeitung
- 13 Segmentationsprozessor liefert eine sortierte Objektliste
- 25 14 Steuereinrichtung zur Steuerung des Fusionsprozesses und für die Adressierung von Zwischen- und Ergebnisspeicher

Patentansprüche

1. Verfahren zur automatischen Detektion von kleinen beweglichen Objekten in natürlicher Umgebung vorzugsweise einer Echtzeitbildfolge unter Verwendung eines die Umgebung abtastenden elektrooptischen Sensors mit nachgeordneter Auswerteeinheit und gegebenenfalls vorgesehener Bildarstellungseinrichtung mit folgenden Verfahrensschritten:

- a) ein von dem Sensor geliefertes digitales Bild wird von mindestens drei jeweils mehrere Pixel enthaltenden Matrizen abgetastet, wobei jeder Matrix eine Referenzmenge außerhalb des zugehörigen Matrixmittelpunktes vorgegeben wird und wobei die Referenzmengen jeder Matrix sich voneinander unterscheiden,
- b) von jeder Referenzmenge werden das Maximum und Minimum der Helligkeitswerte ermittelt,
- c) das dem jeweiligen Matrixmittelpunkt entsprechende Pixel des Sensorbildes wird dann markiert, wenn erstens dieses Pixel um einen ersten Schwellwert heller als das Maximum der Helligkeitswerte der zugehörigen Referenzmenge ist und zweitens wenn die Streuung der zugehörigen Referenzmenge kleiner als ein weiterer fester Schwellwert ist, wobei als Maß für die Streuung der Helligkeitswerte hier vorzugsweise die Differenz von Maximum und Minimum verwendet wird,
- d) die benachbarten Pixel jedes markierten Pixels des digitalen Bildes werden markiert, so daß alle markierten Pixel eine dilatierte Menge bilden, und es werden die aus einer Referenzmenge gewonnenen dilatierten Mengenelemente mit den anderen jeweils aus einer Referenzmenge hervorgegangenen dilatierten Mengenelementen UND-verknüpft,
- gekennzeichnet durch folgende weitere Verfahrensschritte:

e) in mindestens einer ersten von n, eine Re-

duktionspyramide bildenden Reduktionsstufen wird das von dem Sensor gelieferte digitale Bild um den Faktor 2^n zur Erzeugung von digitalen Teilbildern verkleinert, deren Anzahl in x- und y-Richtung des digitalen Bildes jeweils dem Verkleinerungsfaktor 2^n der zugehörigen Reduktionsstufe n entspricht,

f) für jedes erzeugte digitale Teilbild einer zugehörigen Reduktionsstufe werden nacheinander die Verfahrensschritte a bis e durchgeführt, wobei die "und-verknüpften" dilatierten Mengenelemente jedes digitalen Teilbildes jeweils eine ein detektiertes Objekt darstellende Ergebnismenge (ein Teilergebnis) in einer zugehörigen Reduktionsstufe der Reduktionspyramide bilden, und wobei redundante Ergebnismengen (Teilergebnisse) von unterschiedlichen Reduktionsstufen, die jeweils dasselbe Objekt in verschiedenen ähnlichen Teilbildern markieren, "horizontale Redundanzen" sowie redundante Ergebnismengen (Teilergebnisse) der unterschiedlichen Reduktionsstufen, die jeweils dasselbe Objekt markieren, wenn dieses eine vorgegebene Intensitätsverteilung in Größe und Form aufweist, "vertikale Redundanzen" bilden,

g) ein aus den gemäß Verfahrensschritt d markierten Pixeln der UND-verknüpften Mengenelemente gewonnenes zweidimensionales Bild wird mittels einer 3×3 -Matrix (2) derart verkleinert (erodiert), daß alle markierten Pixel mit mindestens einem unmarkierten Nachbarn gelöscht werden und alle markierten Pixel mit (vorzugsweise) acht nächsten Nachbarn erhalten bleiben (erodierte Markierungen der Teilergebnisse),

h) aus den markierten Pixeln mit (vorzugsweise) acht Nachbarn (erodierte Markierungen der Teilergebnisse) wird ein Teilergebnisbild hergestellt, in dem

— die Pixel für das Originalbild die Werte 1 oder 0 derart aufweisen, daß die die Werte 1 aufweisenden Pixel zu einem signifikanten Objekt gehören und daß die Pixel mit den Werten 0 nicht zu einem signifikanten Objekt gehören, und in dem

— die durch die Pixel mit den Werten 1 markierten Flächen kompakte Regionen von annähernder Größe der Objekte im Originalbild darstellen,

i) aus den gemäß Verfahrensschritt f markierten Pixeln der "und-verknüpften" dilatierten Mengenelemente jedes digitalen Teilbildes einer zugehörigen Reduktionsstufe (welches jeweils eine ein detektiertes Objekt darstellende Ergebnismenge (Teilergebnis) in einer zugehörigen Reduktionsstufe der Reduktionspyramide bildet) wird jeweils ein zweidimensionales Binärbild gewonnen, welches mittels einer 3×3 -Matrix (2) derart verkleinert (erodiert) wird, daß alle markierten Pixel mit mindestens einem unmarkierten Nachbarn gelöscht werden und alle markierten Pixel mit (vorzugsweise) acht nächsten Nachbarn erhalten bleiben (erodierte Markierungen der digitalen Teilbilder),

j) aus den markierten Pixeln mit (vorzugsweise) acht Nachbarn jedes Teilbildes (erodierte

Markierungen eines digitalen Teilbildes) wird jeweils ein zweidimensionales Teilergebnisbild hergestellt, in dem jeweils den Werten der markierten Pixeln ein Wert a hinzuaddiert wird, der sich nach der folgenden Formel er- 5 rechnet:

$$a = (2)^{(n-1)},$$

wobei "a" den zu addierenden Wert und "n" 10 einen zahlenmäßig der zugehörigen Reduktionsstufe der Reduktionspyramide entsprechenden Verkleinerungsfaktor bezeichnen,

k) die erodierten Markierungen der Teilergebnisse gemäß Verfahrensschritt g, die Teilergebnisbilder gemäß Verfahrensschritt h, die erodierten Markierungen der digitalen Teilbilder gemäß Verfahrensschritt i sowie die zweidimensionalen Teilergebnisbilder gemäß Verfahrensschritt j werden zu einem zweidimensionalen Gesamtergebnisbild fusioniert, in dem 20

— die Pixel für das Originalbild die Werte ≥ 1 oder 0 derart aufweisen, daß die die Werte ≥ 1 aufweisenden Pixel zu einem signifikanten Objekt gehören und daß die Pixel mit den Werten 0 nicht zu einem signifikanten Objekt gehören, und in dem 25

— die durch die Pixel mit den Werten ≥ 1 markierten Flächen kompakte Regionen von annähernder Größe der Objekte im Originalbild darstellen, 30

l) das zweidimensionale Gesamtergebnisbild wird einem 3×3 -Mittelwertfilter (8.1 bis 11) zur Erzeugung eines Mittelwertes aus der Markierung seines Zentralpixels und den Markierungen seiner (vorzugsweise) 8 Nachbarn 35 zugeführt,

m) der Mittelwert des zweidimensionalen Gesamtergebnisbildes wird als Ergebnisbild in einem Ergebnisspeicher (12) abgelegt, und 40

n) das den gefilterten Mittelwert des zweidimensionalen Gesamtergebnisbildes darstellende Ergebnisbild wird zur Errechnung der Objekteigenschaften wie Position, Größe, 45 Formfaktor oder Wichtigkeit der Objekte einem Segmentationsprozeß unterworfen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Sensorbild auftretende verschiedene Objekte zu ihrer Klassifizierung nach ihrer Position, Größe, Form oder Wichtigkeit oder nach einer Kombination der ermittelten Objekteigenschaften in eine Liste von fallender Wertigkeit eingetragen werden. 50

3. Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 unter Verwendung eines die Umgebung abtastenden elektrooptischen Sensors mit nachgeordneter Auswerteeinheit zur Weiterverarbeitung eines seriellen Datenstromes, der zeilenweise aus dem zweidimensionalen Binärbild für die nach den Verfahrensmerkmalen d) und f) gewonnenen Objektmarkierungen gebildet wird, dadurch gekennzeichnet, 55

— daß eine 3×3 -Matrix (2) mit drei Eingängen und einem nachgeordneten Und-Glied (3) vorgesehen ist, an deren ersten Eingang der serielle Datenstrom direkt ansteht, an deren zweiten Eingang der serielle Datenstrom über eine 65

Verzögerungsleitung (1.1) von der Länge der Zeile eines digitalen Bildes gelangt und deren dritten Eingang der serielle Datenstrom über zwei in Serie geschaltete Verzögerungsleitungen (1.1 und 1.2) jeweils von der Länge der Zeile eines digitalen Bildes zugeführt wird,

— daß dem Und-Glied (3) ein von einer Steuereinrichtung (14) gesteuertes Multiplizierglied (4) nachgeschaltet ist,

— daß der Ausgang des Multipliziergliedes (4) mit einem von zwei Eingängen eines Addiergliedes (6) verbunden ist, dessen zweiter Eingang an dem Ausgang eines UND-Verknüpfungsgliedes (5) angeschlossen und dessen Ausgang zu einem Zwischenspeicher (7) geführt ist, wobei das UND-Verknüpfungsglied (5) und der Zwischenspeicher (7) von der Steuereinrichtung (14) gesteuert werden,

— daß der Ausgang des Zwischenspeichers (7) an den zweiten Eingang des UND-Verknüpfungsgliedes (5), an den ersten Eingang einer 3×3 -Bildpunktmatrix (9), an deren zweiten Eingang über eine Verzögerungsleitung (8.1) von der Länge der Zeile eines digitalen Bildes und an den dritten Eingang der 3×3 -Bildpunktmatrix (9) über zwei in Serie geschaltete Verzögerungsleitungen (8.1 und 8.2) jeweils von der Länge einer Zeile eines digitalen Bildes angeschlossen ist,

— daß der 3×3 -Bildpunktmatrix (9) ein Addierglied (10), ein Dividiertglied (11) und ein von der Steuereinrichtung (14) gesteuerter Ergebnisspeicher (12) zur Speicherung des gefilterten Ergebnisbildes nachgeordnet sind, und 60

— daß dem Ergebnisspeicher (12) ein Segmentationsprozessor (13) zur Ermittlung der Objekteigenschaften nachgeschaltet ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

